LA STRUCTURE CRISTALLINE

A - GENERALITES

Plutôt que de distinguer les états solide, liquide et gazeux, il convient d'opposer les états ORDONNES et NON ORDONNES

États NON ORDONNES : Particules constituantes réparties **au hasard**

→ Les gaz et la plupart des liquides et certains solides

Etats ORDONNES : Particules constituantes réparties **régulièrement**

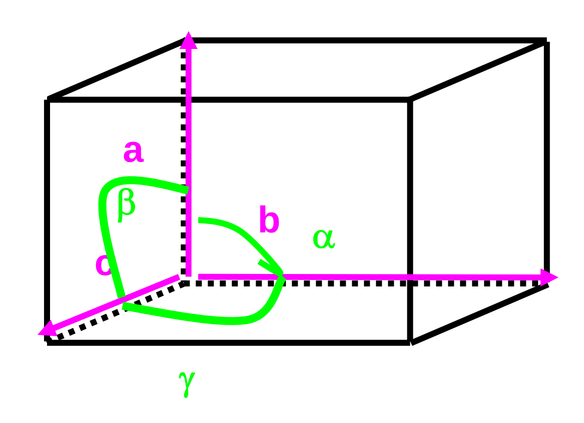
→ **Solides cristallisés**

Cristallographie : Description géométrique de la disposition dans l'espace des éléments (atomes, ions ou molécules) étant considérés comme constituant un cristal.

Ces éléments sont des particules sphériques.

Maille élémentaire : Plus petit édifice d'atomes permettant de reconstituer le cristal par répétition périodique du motif dans les trois directions de l'espace.

L'ensemble des mailles superposées constitue le réseau cristallin



La maille peut être décrite par:

- les longueurs des arêtes a, b, c ;
- les angles α, β, γ ;
- la nature, le nombre et les positions des atomes formant cet édifice.

7 systèmes cristallins ⟺ 14 réseaux de Bravais

Les particules constituantes peuvent être:

DES ATOMES

Les cristaux métalliques

Les cristaux covalents

DES IONS

Les cristaux ioniques

DES MOLECULES

Les cristaux moléculaires

LES CRISTAUX METALLIQUES

Formés d'**ATOMES** de métal

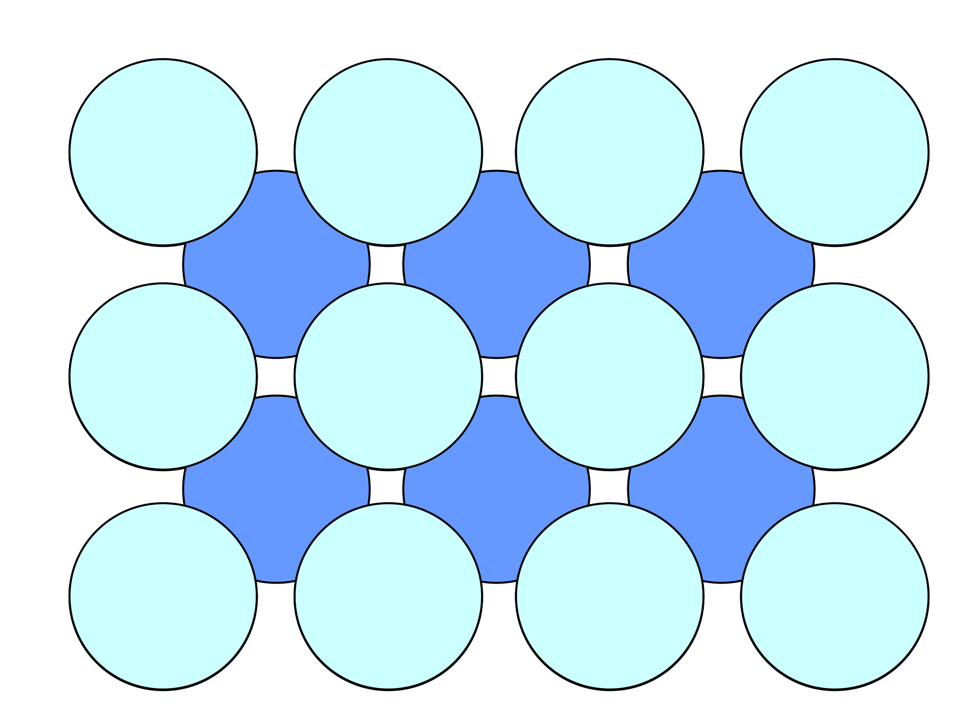
la cohésion est assurée par des liaisons métalliques

Réseau cubique centré

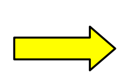
Réseau cubique faces centrées

Réseau hexagonal compact

1 - Structure cubique centrée



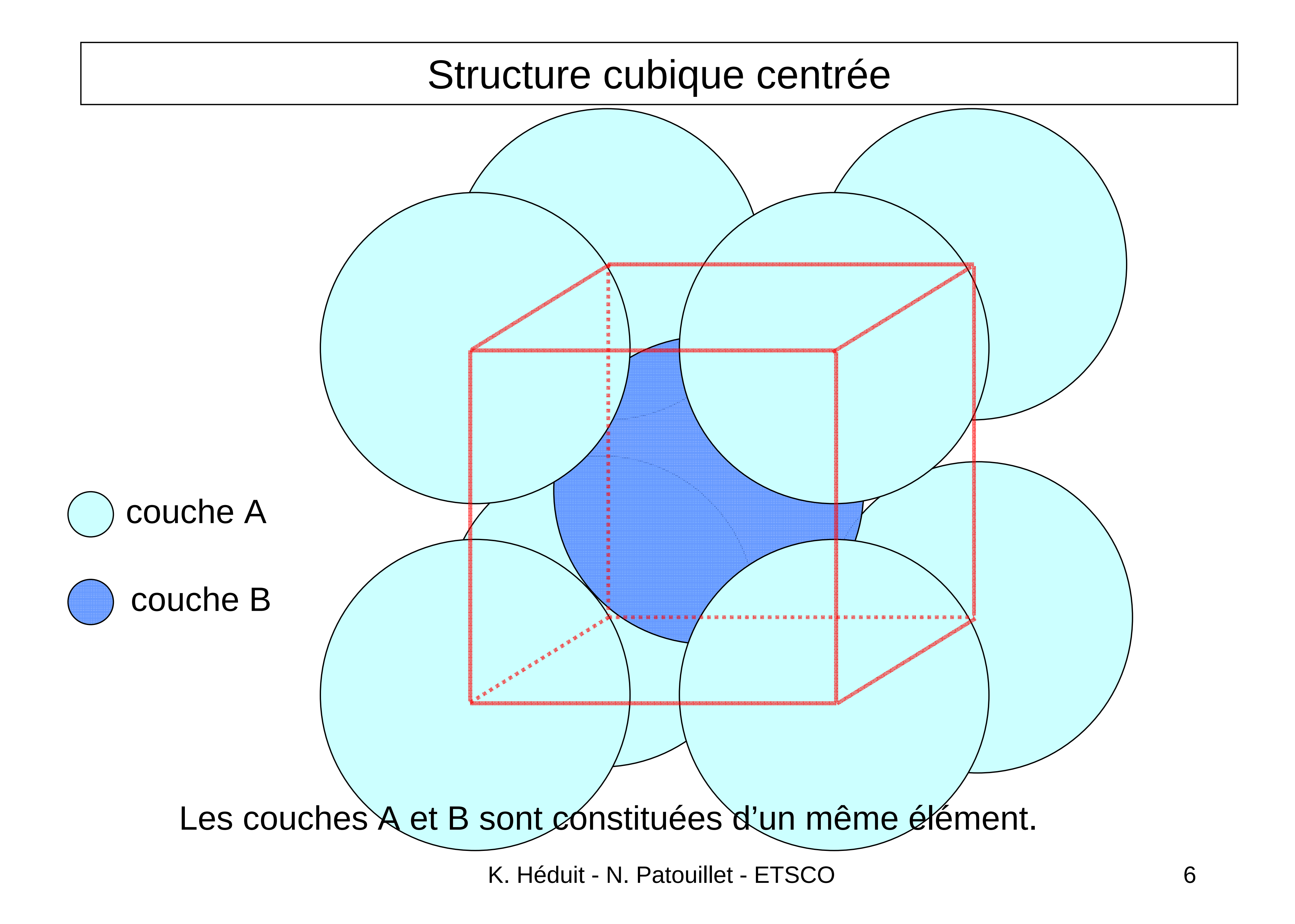
Les couches A et B sont constituées d'un même élément.

Empilement AB AB… 

Réseau cubique centré CC

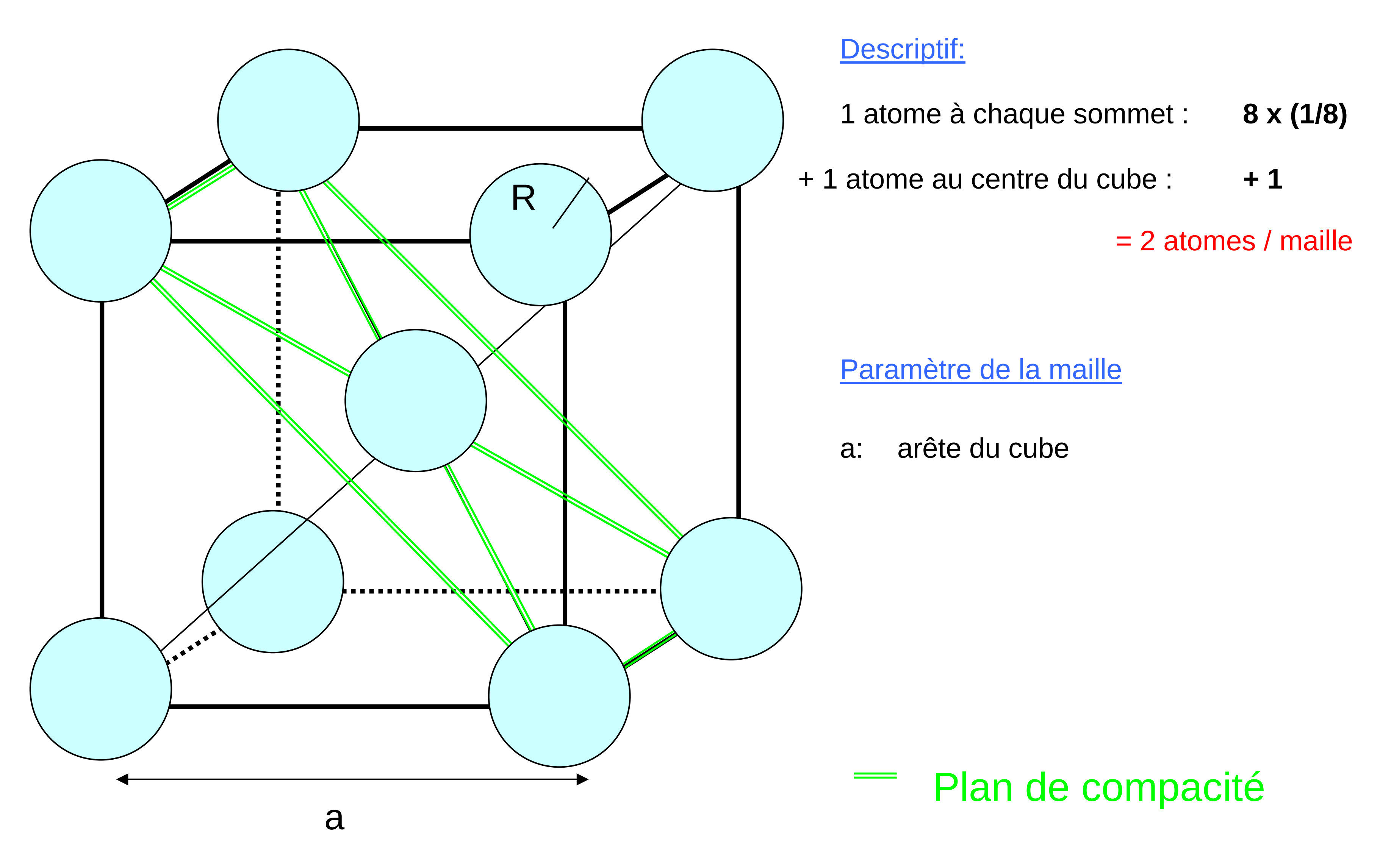
Empilement non compact

Structure cubique centrée



Les couches A et B sont constituées d'un même élément.

Structure cubique centrée



Descriptif:

1 atome à chaque sommet : **8 x (1/8)**

+ 1 atome au centre du cube : **+ 1**

= 2 atomes / maille

Paramètre de la maille

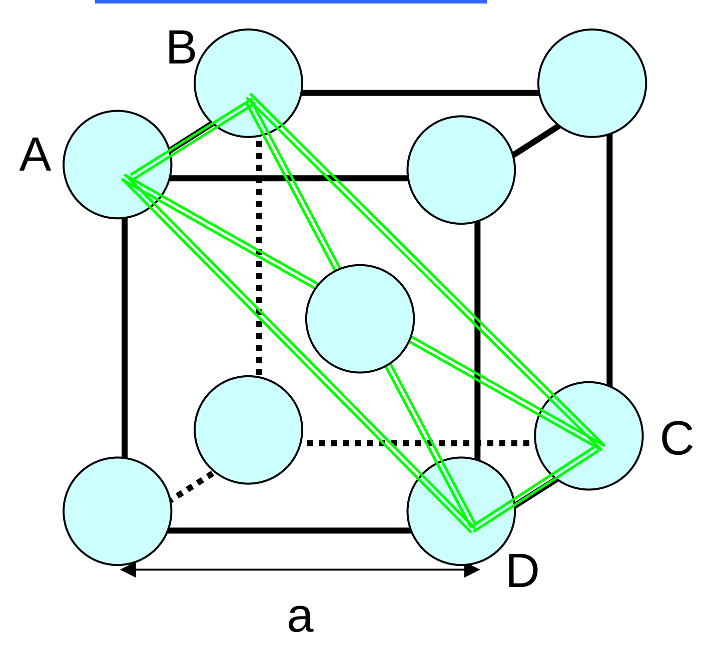
a: arête du cube

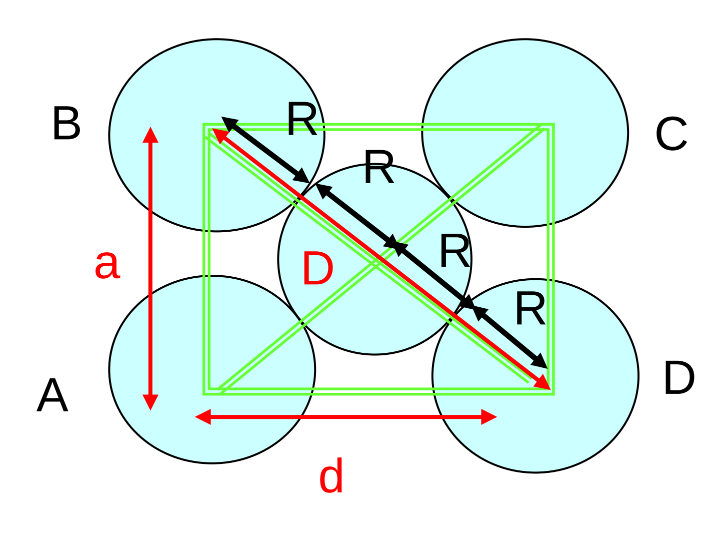
Plan de compacité

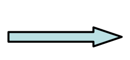
Structure cubique centrée

Relation entre a et R

Plan de compacité





d = diagonale de la face du cube  $d = a\sqrt{2}$

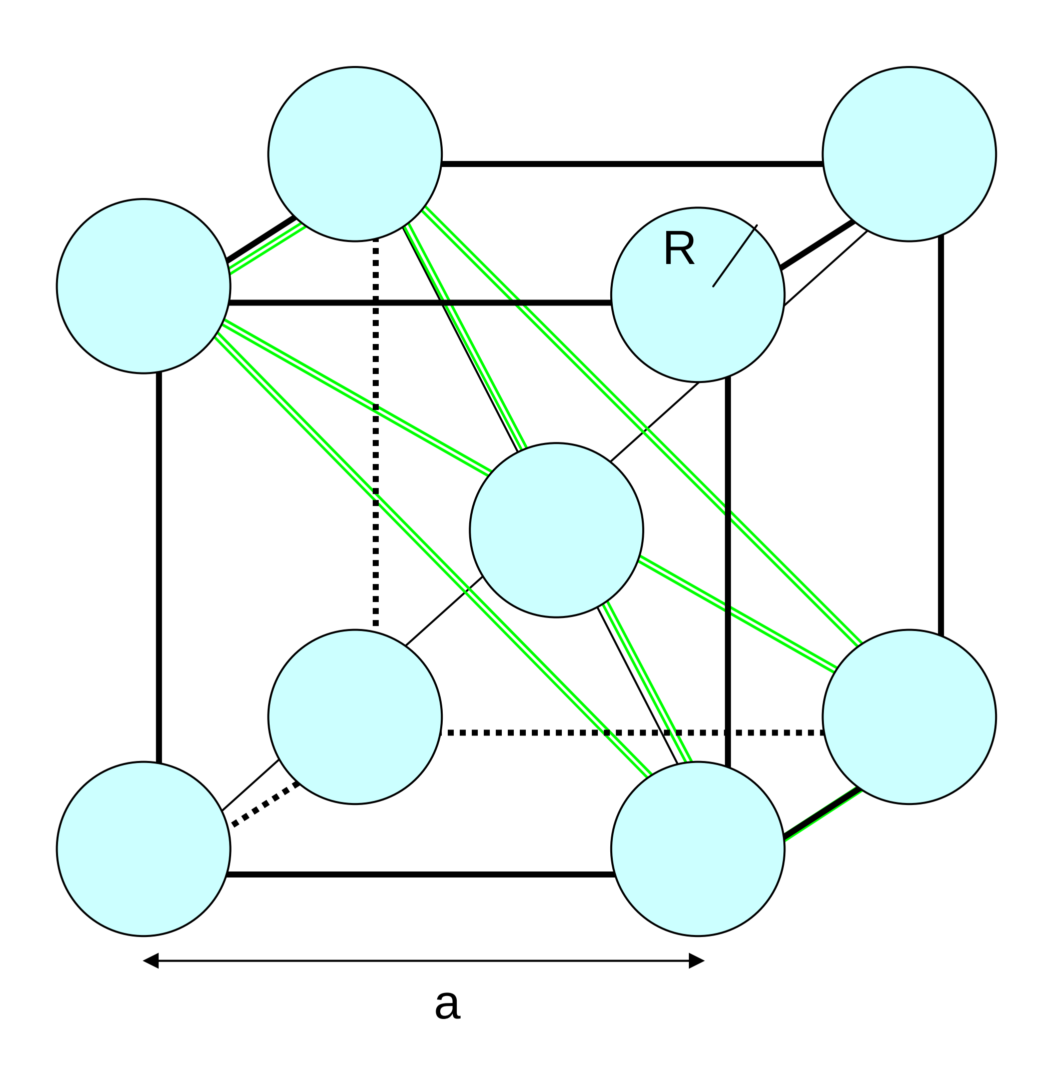
D = diagonale du cube $\Longrightarrow$ $D^2 = a^2 + d^2 = a^2 + 2a^2 = 3a^2$

Soit: $D = a\sqrt{3}$

On a aussi: $D = 4R$

$4R = a\sqrt{3}$

Structure cubique centrée



Plan de compacité

Coordinence :

Nombre de plus proches voisins à égale distance d'un atome donné

8 atomes à a √ 3/2

Compacité :

$$C = \frac{\text{Volume occupé par tous les atomes}}{\text{Volume de la maille}}$$

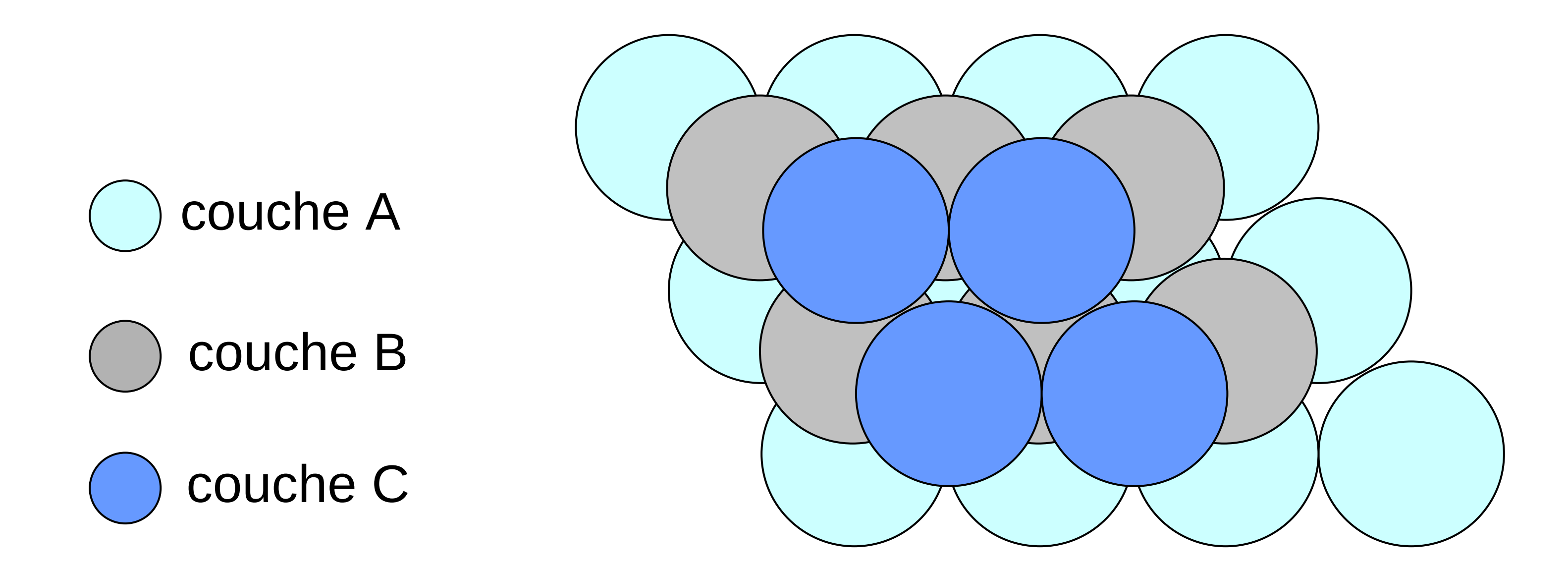
→ C = 0,68 = 68%

soit 32 % de vide

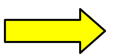
Masse volumique :

$$\rho = \frac{N \times M}{N_a \times a^3}$$

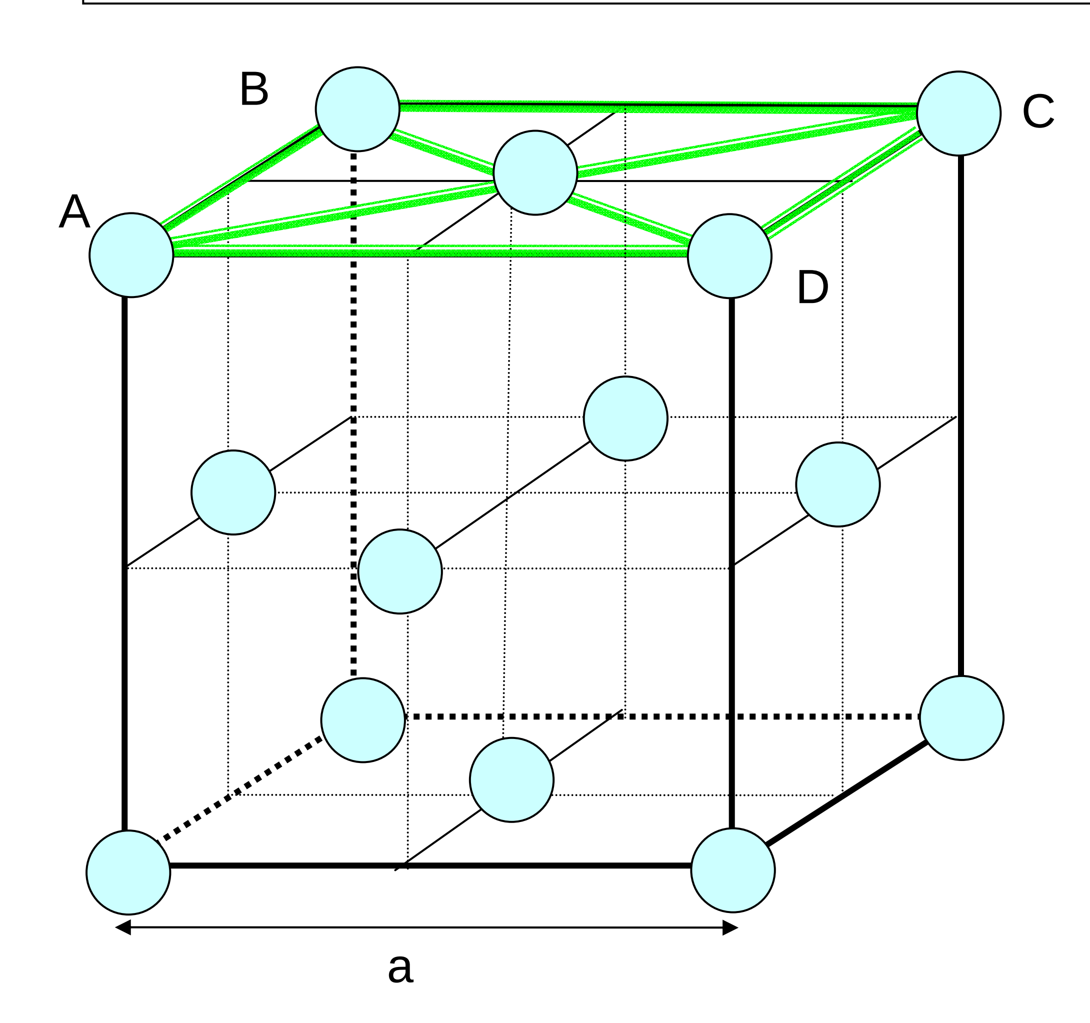
2 - Structure cubique faces centrées



Les couches A, B et C sont constituées d'un même élément.

Empilement ABCABC…  Cubique faces centrées

Structure cubique faces centrées



== Plan de compacité

Descriptif:

1 atome à chaque sommet : **8x1/8**

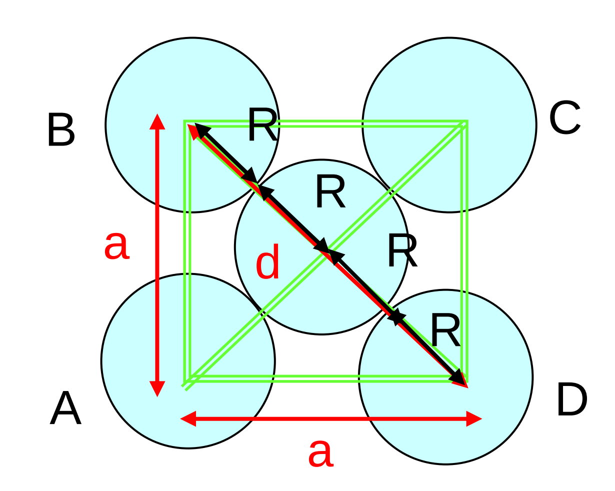
1 atome au centre de chaque face **6 x 1/2**

= **4 atomes / maille**

Paramètre de la maille

a: arête du cube

Relation entre a et R

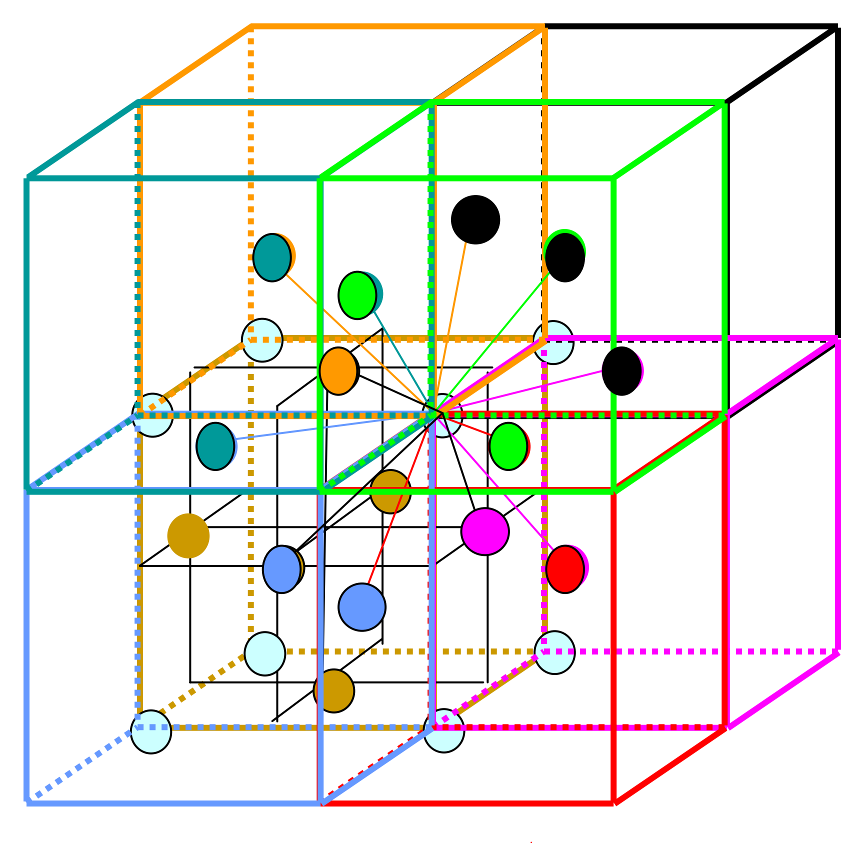


Dans le plan de compacité, **sur la petite diagonale**, on a : $4 R = a \sqrt{2}$

Structure cubique faces centrées

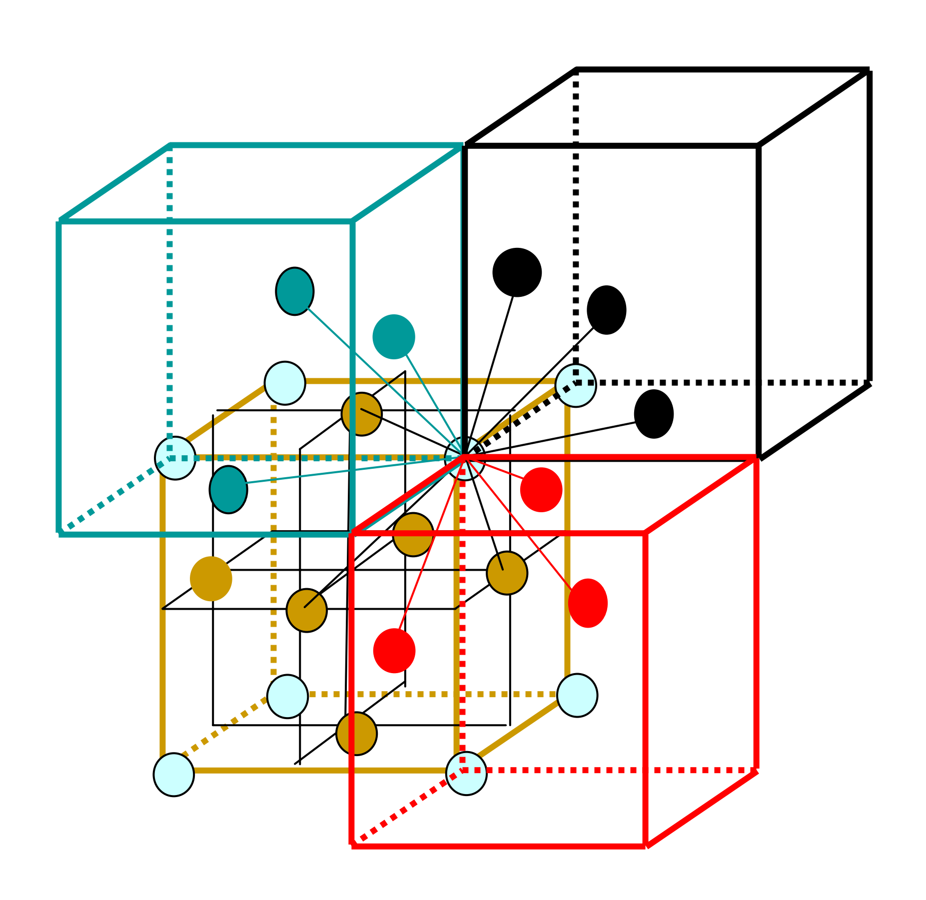
Coordinence :

Nombre de plus proches voisins à égale distance d'un atome donné

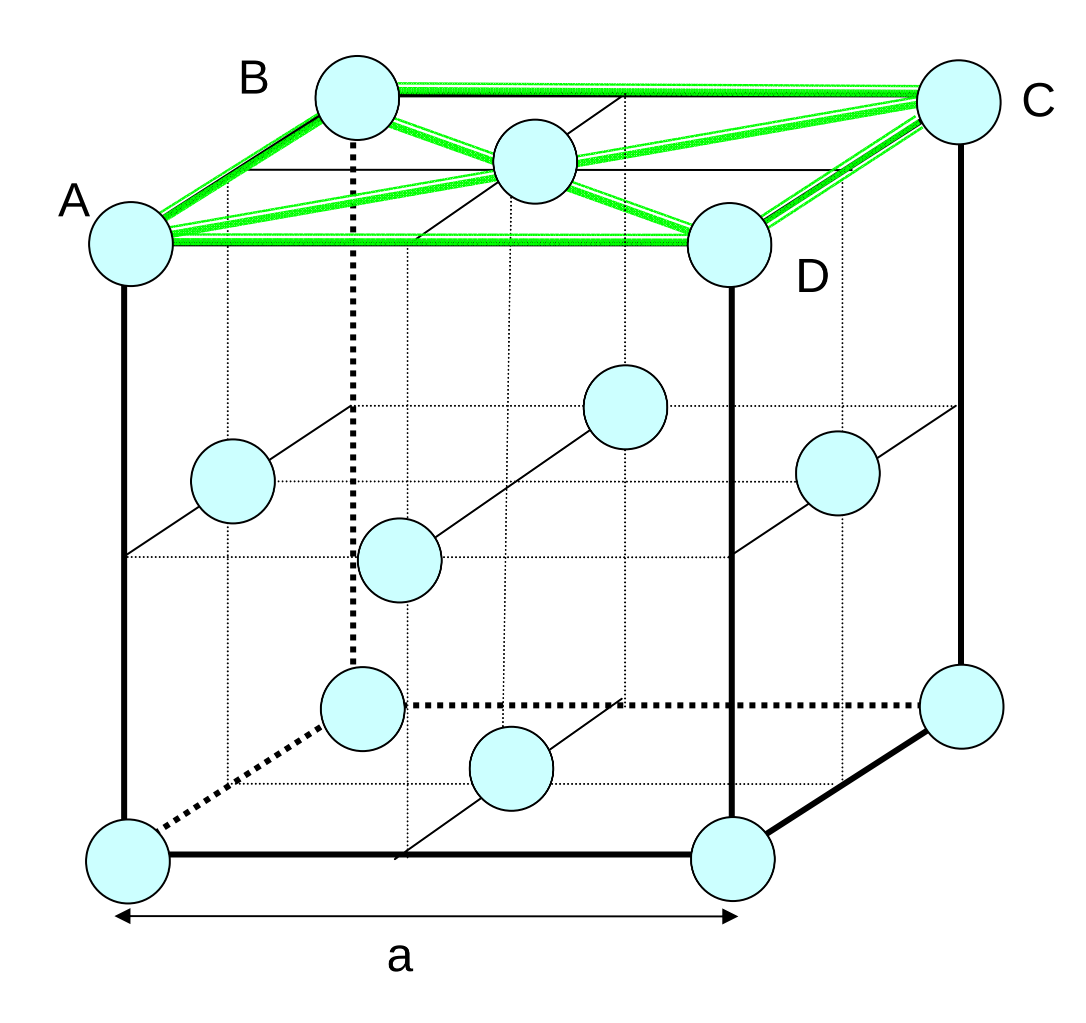


12 atomes à a $\sqrt{2}/2$

Structure cubique faces centrées



Structure cubique faces centrées



Plan de compacité

Compacité :

$$C = \frac{\text{Volume occupé par tous les atomes}}{\text{Volume de la maille}}$$

C = 0,74 = 74%

soit 26 % de vide

On dit que le système est **COMPACT**

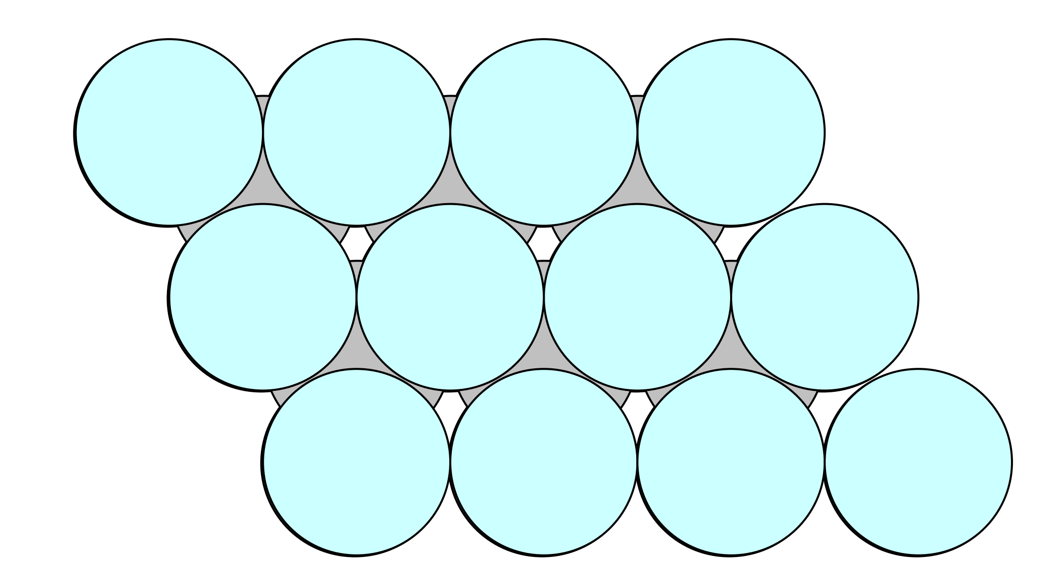
Masse volumique :

$$\rho = \frac{N \times M}{N_a \times a^3}$$

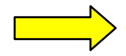
3 - Structure hexagonale compacte







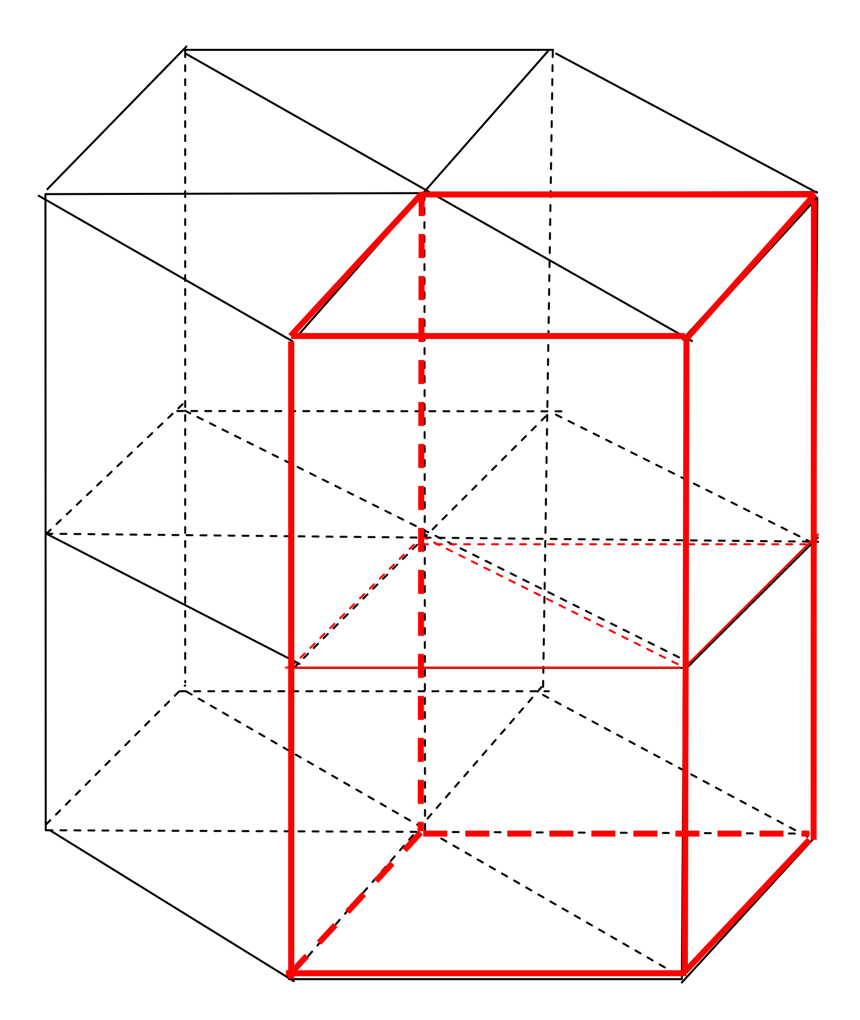
Les couches A et B sont constituées d'un même élément.

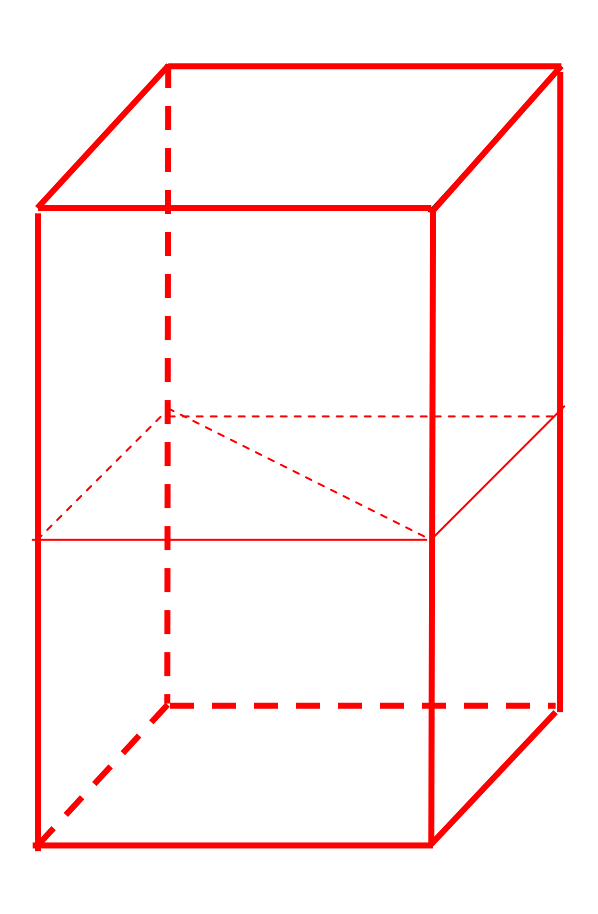
Empilement ABAB…  Hexagonal compact

Structure hexagonale compacte

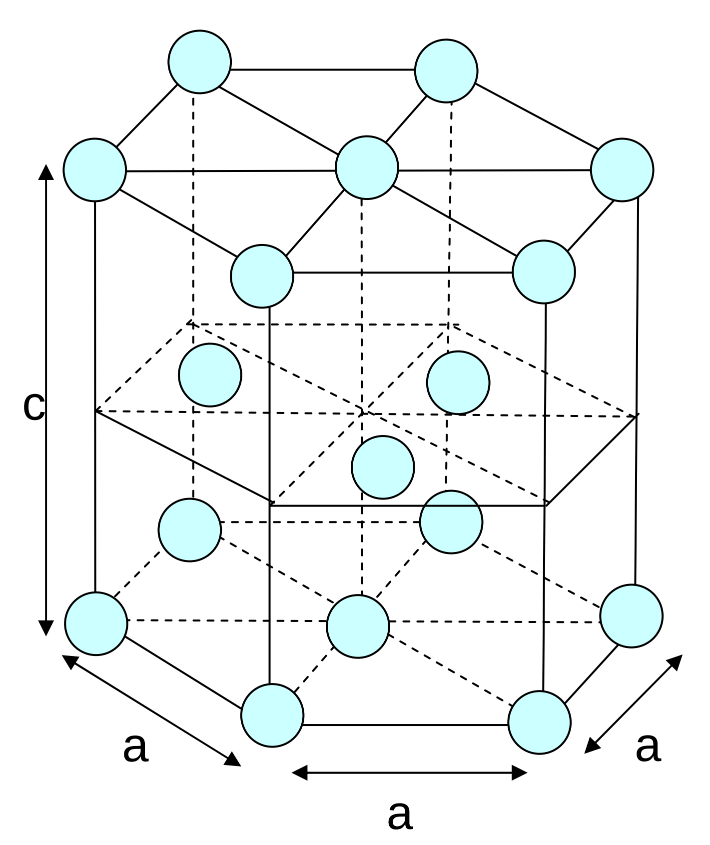
Maille: Prisme droit à base hexagonale **Ou** **Prisme droit à base losange**

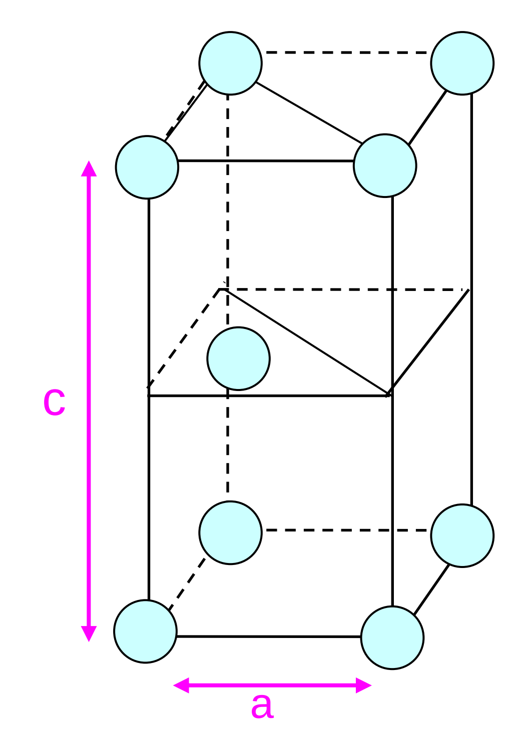
1/3 de la maille





Structure hexagonale compacte





Paramètres de la maille

a: arêtes des bases hexagonales

c: Hauteur du prisme

Coordinence :

6 + **2 x 3** = **12**

Nombre d'atomes par maille hexagonale:

1 atome à chaque sommet :	**12x1/6**
1 atome au centre des 2 bases :	**2 x 1/2**
3 atomes à c/2 :	**3 x 1**

= 6 atomes / maille

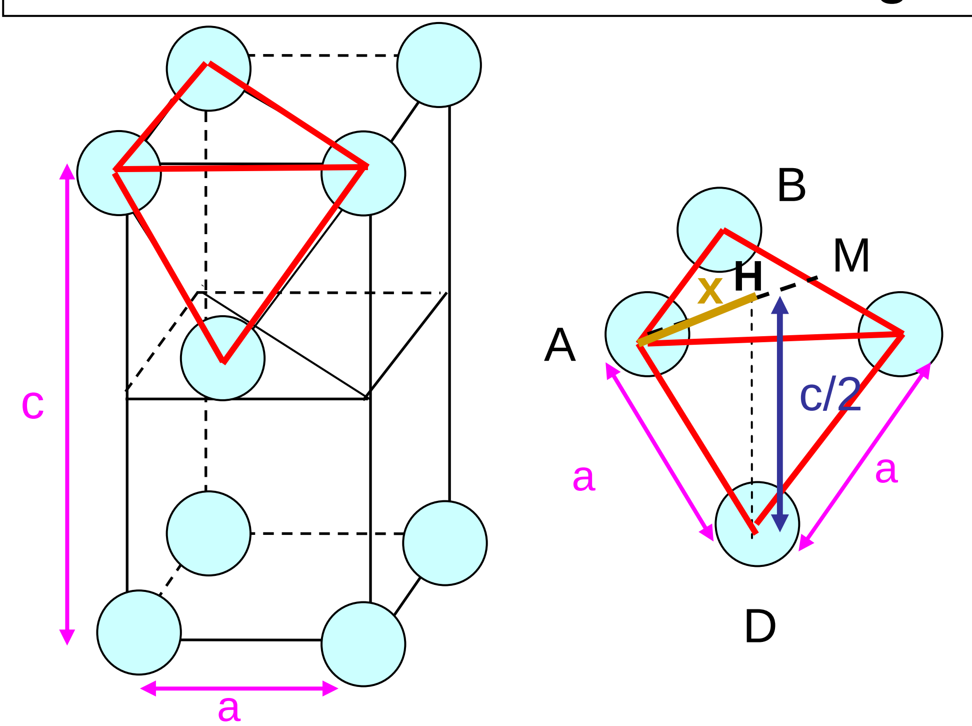
OU

Nombre d'atomes par prisme droit à base losange:

1 atome à chaque sommet :	**8x1/8**
1 atome à c/2 :	**1**

= 2 atomes / maille élémentaire

Structure hexagonale compacte



Relation entre a et c

a = 2 R

c = f(a)?

Soit M: milieu de l'arête BC

Triangle AMC rectangle en M

$AM^2 + MC^2 = AC^2$

$AM^2 + (a/2)^2 = a^2$

$AM^2 = a^2 - a^2/4$ **= ¾ a²**

Projection de D sur le plan ABC: point H

HD = c/2

Propriété du projeté: AH = 2/3 AM

$AH = 2/3\ a\sqrt{(3/4)} = 1/\sqrt{3}\ a = x$

Triangle AHD rectangle en H

$AH^2 + HD^2 = AD^2$

$x^2 + (c/2)^2 = a^2$ $a^2/3 + c^2/4 = a^2$

$c^2/4 = 2/3a^2$ $c^2 = 8/3a^2$

$c = 2\sqrt{\frac{2}{3}}a$ soit $c = 4R\sqrt{\frac{2}{3}}$

Volume de la maille élémentaire

V = a x AM x c = a x $a\sqrt{\frac{3}{2}}$ x $2\sqrt{\frac{2}{3}}a$

soit **$V = \sqrt{2}\ a^3$**

Compacité :

$$c = \frac{2 \times \frac{4}{3}\pi R^3}{\sqrt{2}\ a^3} = 0{,}74 = 74\%$$

4- Les alliages

alliages : Ce sont des systèmes formés de **mélanges de métaux**.

Dans certains cas, on obtient des alliages par addition à un métal d'un non-métal

2 types d'alliages :

Solution solide de **SUBSTITUTION**

Solution solide d'**INSERTION**

a - Solution solide de **SUBSTITUTION**

Si les 2 métaux cristallisent dans le même système ;

Si les 2 métaux ont des rayons atomiques voisins ;

 Le réseau conserve la même structure ;

Mais il comporte des atomes de l'un et de l'autre métal, répartis au hasard.

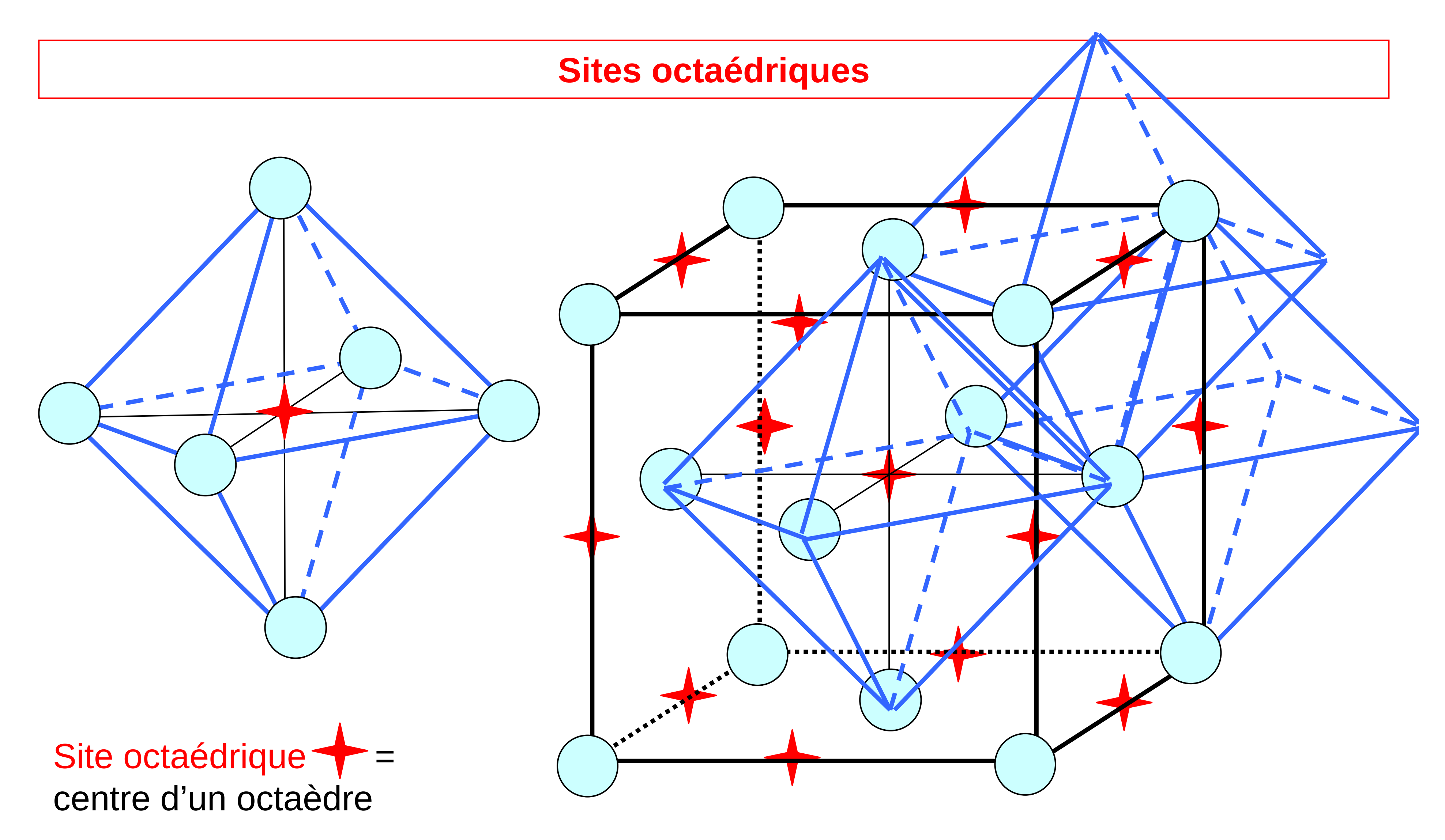
b - Solution solide d'INSERTION

Dans un réseau métallique, il existe, entre les atomes, des INTERSTICES (ou SITES INTERSTICIELS).

Ils sont de 2 types:

SITES OCTAEDRIQUES	SITES TETRAEDRIQUES

Sites octaédriques



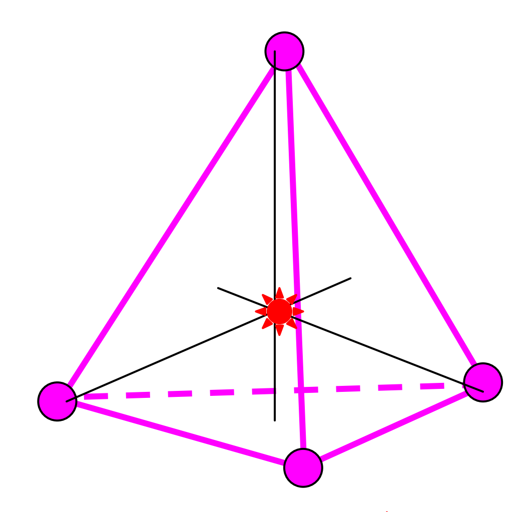
Site octaédrique = centre d'un octaèdre

= à égale distance de 6 atomes

1 au centre du cube + 1 au milieu de chaque arête

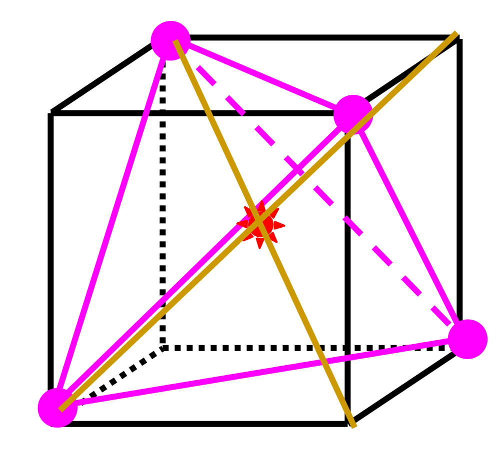
1 + 12 x ¼ = 4 sites octaédriques/maille cfc

Sites tétraédriques



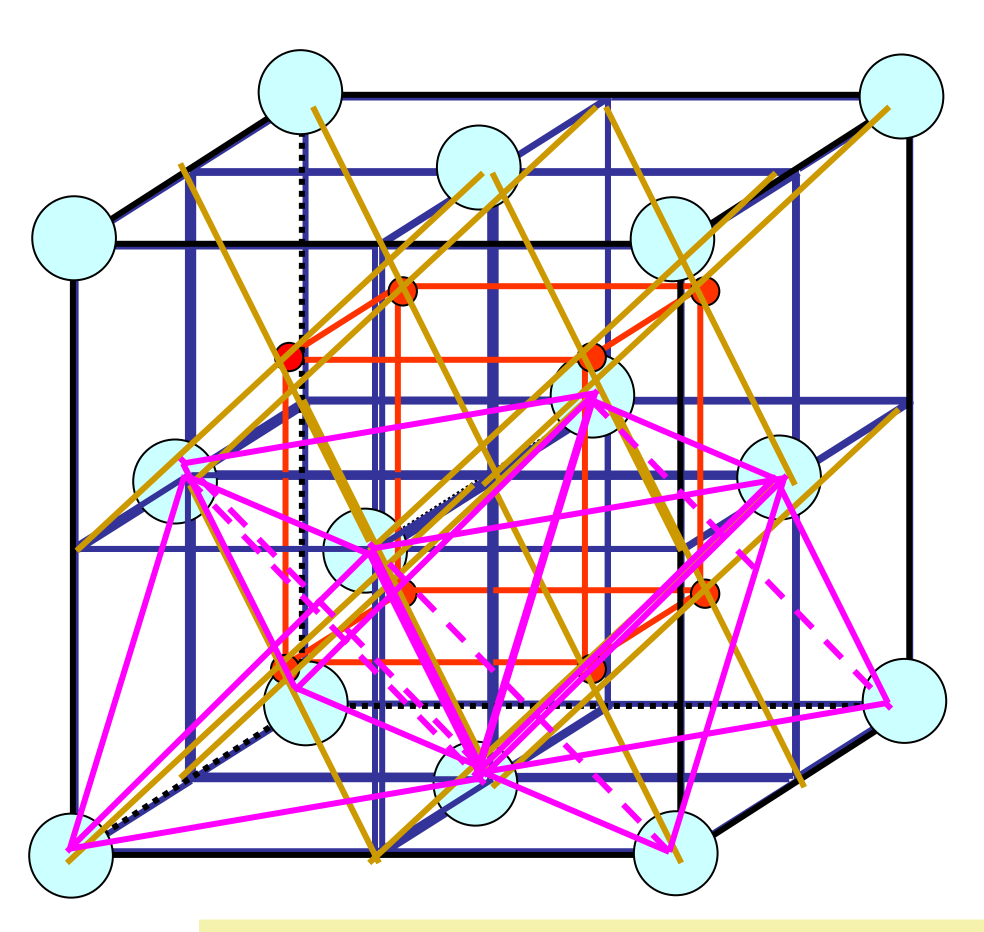
Site tétraédrique ✸ =
centre d'un tétraèdre

= à égale distance de 4 atomes



= centre d'un petit cube d'arête a/2

Sites tétraédriques



8 sites tétraédriques / maille CFC